

中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this
office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申請日：西元 2003 年 04 月 28 日
Application Date

申請案號：092109928
Application No.

申請人：財團法人工業技術研究院
Applicant(s)

局長

Director General

蔡練生

發文日期：西元 2003 年 7 月 9 日
Issue Date

發文字號：09220690470
Serial No.

發明專利說明書

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：_____ ※IPC分類：_____

※ 申請日期：_____

壹、發明名稱

(中文) 統計式臉部特徵抽取方法

(英文) Statistical facial feature extraction method

貳、發明人 (共 3 人)

發明人 1 (如發明人超過一人，請填說明書發明人續頁)

姓名：(中文) 賴尚宏

(英文) Shang-Hong Lai

住居所地址：(中文) 新竹市建中路 100-26 號

(英文) No. 100-26, Jianjung Rd., Hsinchu

國籍：(中文) 中華民國 (英文) R.O.C.

參、申請人 (共 1 人)

申請人 1 (如發明人超過一人，請填說明書申請人續頁)

姓名或名稱：(中文) 財團法人工業技術研究院

(英文) Industrial Technology Research Institute

住居所或營業所地址：(中文) 新竹縣竹東鎮中興路四段一九五號

(英文) No. 195, Sec. 4, Chung Hsing Rd., Chutung, Hsinchu

國籍：(中文) 中華民國 (英文) R.O.C.

代表人：(中文) 翁政義

(英文) Cheng-I Weng

☐ 續發明人或申請人續頁 (發明人或申請人欄位不敷使用時，請註記並使用續頁)

發明人 2

姓名：(中文) 陳建志

(英文) Jiang-Ge Chen

住居所地址：(中文) 台南縣新營市興農街 140 巷 12-2 號

(英文) No. 12-2, Lane 140, Shingnung St., Shinying City, Tainan

國籍：(中文) 中華民國

(英文) R.O.C.

發明人 3

姓名：(中文) 黃雅軒

(英文) Yea-Shuan Huang

住居所地址：(中文) 新竹縣竹東鎮三重一路 113 號 1 樓

(英文) 1Fl., No. 113, Sanchung 1st Rd., Judung Jen, Hsinchu

國籍：(中文) 中華民國

(英文) R.O.C.

肆、中文發明摘要

本發明係為一統計式臉部特徵抽取方法。於訓練階段中，先在 N 個訓練臉部影像上分別標記位於 n 個相異區塊的特徵點以形成 N 組外形向量，並在導正外形向量後，以主軸成分分析法計算出統計臉部外形模型；於執行階段中，則先以訓練階段所求出導正之外形向量的特徵點平均值作為待測臉部影像之待測特徵點初始位置，接著在以初始位置為基準所定義之 n 個搜尋範圍中、分別標示 k 個候選特徵點並排列組合形成 k^n 組待測外形向量，最後將與導正之外形向量平均值及統計臉部外形模型具有最佳相似度之待測外形向量的候選特徵點指定為待測臉部影像之臉部特徵。

伍、英文發明摘要

The present invention relates to a statistical facial feature extraction method. In a training phase, N training face images are respectively labeled n feature points located in n different blocks to form N feature vectors. Then, principal component analysis (PCA) technique is used to obtain a statistical face shape model after aligning each shape vector with a reference shape vector. In an execution phase, initial positions for desired facial features are firstly guessed according to the coordinates of the mean shape for aligned training face images obtained in the training phase, and k candidates are respectively labeled in n search ranges corresponding to above-mentioned initial positions to obtain k^n different combinations of test shape vectors. Finally, coordinates of the test shape vector having the best similarity with the mean shape for aligned training face image and the statistical face shape model are assigned as facial features of the test face image.

陸、(一)、本案指定代表圖為：第 1 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

流程圖無元件說明

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

捌、聲明事項

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間，其日期為_____

☐ 本案已向下列國家（地區）申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家（地區）；申請日期；申請案號 順序註記】

1. 無

2. _____

3. _____

☐ 主張專利法第二十四條第一項優先權

【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

6. _____

7. _____

8. _____

9. _____

10. _____

☐ 主張專利法第二十五條之第一項優先權

【格式請依：申請日；申請案號 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

☐ 主張專利法第二十六條微生物

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明

(發明說明應敘明：發明所屬之技術領域、先前技術、內容、實施方式及圖式簡單

一、發明所屬之技術領域


本發明係關於一種統計式臉部特徵抽取方法，尤指一種使用主軸成分分析(principal component analysis, PCA)方法以在影像中抽取出臉部特徵之方法。

二、先前技術

按，隨著資訊科技的不斷演進，目前已衍生出越來越多樣化的應用領域來改善日常生活品質。例如人機互動(human-computer interactions)技術的應用即造就了更為便利及有效率的生活，且由於影像擷取技術的成本大幅降低，因此電腦圖像系統已開始被廣泛應用在桌上型及嵌入式系統中。舉例來說，自動提款機(ATM)可藉由其裝設之攝影機所擷取到的影像來識別出使用者身份；或以影像為基礎(video-based)之存取控制系統可藉著辨識所擷取到的臉部影像來決定是否授與存取許可...等。

而在所有人機互動過程中，臉部影像普遍被視為是最佳的互動媒介之一，因為臉部影像具有相當多特徵(例如眼、鼻、鼻孔、眉、嘴、及唇...等)，且不同的臉部影像之間具有較顯著的差異性，比其他影像更容易辨識出不同的使用者。

習知技術大致包括下列兩種方法用以抽取脸部特徵：一種係使用參數化的模型來描述特徵參數，並以最小化能量值為基礎；另一種則使用固有影像(eigen-image)來偵測脸部特徵。



在以最小化能量值為基礎之方法中，係使用可變樣板(deformable templates)技術來抽取臉部特徵，以根據影像模型來調整例如尺寸或形狀等屬性，俾能更精確描繪出臉部特徵。其執行階段(execution phase)係使用峰值(peak)、谷值(valley)、及邊緣(edge)影像等三種影像來表示，用以強調影像資料中的顯著特徵，並配合一最小化能量函數來調整影像資料中的可變樣板。其中，可變樣板係為用以描述例如眼或嘴等臉部特徵的參數化模型(parameterized models)，而參數設定則可用來調整樣板定位、尺寸、及其他屬性。習知亦發展出可根據臉部影像以自動進行特徵偵測及年齡分類之系統，其係使用參數化曲線(例如結合拋物線或橢圓曲線)來表示眼部或臉部輪廓，接著根據強度屬性來為每一臉部特徵定義出一能量函數，例如以谷值來描述虹膜的可能所在位置。

然而，由於上述方法係以找出可最小化具有獨特臉部特徵屬性的能量函數之最佳可變模型為基礎，因此在執行最小化能量值步驟時所使用的可變模型通常必須具有良好的起始猜測值，才有助於計算出收斂的結果。

而在使用固有影像來偵測臉部特徵之方法中，則是將頭部及眼部影像進行局部化的臉部辨識，並以主軸成分分析(principal component analysis, PCA)統計方法為基礎。對於眼部偵測來說，習知係根據眼部特徵影像(eye feature image)來建立固有眼部影像(eigen-eye image)，且為了加速運算速度，因此採用快速傅立葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)演算法來計算輸入影像及固有樣

板影像間的相關性。然而，上述方法係使用獨立的模板來進行比對，僅能找出個別特徵，例如使用左眼特徵影像就只能從臉部影像中擷取出左眼所在位置，而無法偵測出整張臉部影像中的完整特徵，且不易與統計模型相結合，並非十分理想。

由此可知，習知之臉部特徵抽取方法仍存在有諸多缺失而有予以改進之必要。

三、發明內容

本發明之主要目的係在提供一種統計式臉部特徵抽取方法，係以主軸成分分析統計方法為基礎，俾能更精確地描述臉部特徵之外觀及幾何變化。

本發明之另一目的係在提供一種統計式臉部特徵抽取方法，俾能結合在臉部特徵訓練階段中所取得的幾何特徵分佈(geometric feature distribution)及光度特徵外觀(photometric feature appearance)之統計資訊，以自臉部影像中抽取出整體臉部特徵。

本發明之再一目的係在提供一種統計式臉部特徵抽取方法，其係假設臉部偵測演算法已偵測出影像中之臉部影像，因此僅需於每一臉部特徵之候選搜尋區域中找出候選特徵定位(外形)，而不需具備良好的起始猜測值，俾能減輕系統負擔。

為達成上述之目的，本發明所提出之統計式臉部特徵抽取方法主要包括第一程序及第二程序。第一程序係根據複數個訓練臉部影像以建立一統計臉部外形模型，其首先擷取N個訓練臉部影像；並分別標記上述訓練臉部

影像中位於 n 個相異區塊內之特徵點，以定義出對應訓練臉部影像之外形向量；之後分別將每一外形向量導正為對齊於一參考外形向量；再使用主軸成分分析法以根據導正之外形向量來計算出複數個主軸成分以形成一統計臉部外形模型，其中，統計臉部外形係藉由結合複數個投射係數來表示外形向量。

第二程序係用以自一待測臉部影像中抽取出複數個臉部特徵，其首先擷取一待測臉部影像；接著猜測待測臉部影像中之 n 個待測特徵點之初始位置，其中，每一待測特徵點之初始位置為導正之外形向量之特徵點平均值；再來以每一待測特徵點之初始位置為基準，在待測臉部影像中定義出 n 個搜尋範圍，其中，每一搜尋範圍係分別對應於一相異區塊；之後分別於每一搜尋範圍中標示出複數個候選特徵點；接著將位於不同搜尋範圍中之候選特徵點排列組合以形成複數個帶待測外形向量；最後將上述待測外形向量一一與導正之外形向量之平均值及統計臉部外形模型中之主軸成分比對以計算出一相似度，並將具有最佳相似度之待測外形向量所對應之候選特徵點指定為待測臉部影像之臉部特徵。

四、實施方式

為能讓貴審查委員能更瞭解本發明之技術內容，特舉二較佳具體實施例說明如下。

本發明所提出之統計式臉部特徵抽取方法主要包括兩大階段：用以根據複數個訓練臉部影像(training face image)以建立一統計臉部外形模型(statistical face shape

model)之訓練階段(training phase)、以及用以自一待測臉部影像(test face image)中抽取出複數個臉部特徵之執行階段(execution phase)。於本實施例中，每一臉部影像係可定義出位於六個相異區塊內的六個特徵點，包括雙眼的內、外眼角座標共四點、及兩端之嘴角座標共二點，當然亦可將鼻孔、或眉毛...等部位定義為特徵點。由於上述特徵點會隨著臉部姿勢、影像明暗程度、或表情的變動而有所改變，因此本實施例係採用樣板比對(template matching)方法以自待測影像中找出候選特徵點，而前述臉部特徵之樣板則是根據訓練階段中的各種訓練樣本所建構而成，並使用主軸成分分析(principal component analysis)方法俾便更精確地描述出臉部特徵在外觀及幾何分佈上的變化性。下文將詳述本實施例之執行步驟。

訓練階段：

請參閱圖1之流程圖，由於訓練階段的主要目的在於根據訓練影像之臉部特徵位置來建立統計臉部外觀模型及局部臉部特徵樣板，因此，首先係擷取N張如圖2所示之訓練臉部影像1作為訓練樣本(步驟S101)，例如為100張或1000張影像，且較佳為正面之臉部影像，當然樣本數越多將可建立越完整的模型與樣板，然實際上訓練樣本數量多寡端看使用需求而定；接著以人工方式一一標記出每一訓練臉部影像1中的六個特徵點(步驟S102)，或可使用既有影像擷取技術來自動標記出特徵點。如圖3所示，於訓練臉部影像1上所標記出的特徵點包括雙眼內、

外眼角之座標 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、 (x_3, y_3) 、及 (x_4, y_4) ，以及嘴角座標 (x_5, y_5) 與 (x_6, y_6) ，根據上述六特徵點之座標將可定義出一外形向量 $x_j = (x_{j1}, y_{j1}, \dots, x_{jn}, y_{jn})$ ，於本實施例中， $n=6$ ，且 x_{j1} 相當於圖3之 x_1 、 y_{j1} 相當於 y_1 ...餘此類推。

為了將各訓練臉部影像1間因姿勢或表情變動所造成的差異縮小，因此使用二維比例固定轉換法(2D scaled rigid transform)以將每一外形向量 x_j 藉由比例調整、二維旋轉、及平移等方式導正為對齊於一參考外形向量 $x_i = (x_{i1}, y_{i1}, \dots, x_{in}, y_{in})$ (步驟S103)，其中，參考外形向量 x_i 可以是由前述N個外形向量 x_j 中所擷取出的其中一向量、或為自行定義之對應於上述特徵點座標的向量。

請一併參閱圖4本實施例用以將一外形向量 x_j 導正為對齊於參考外形向量 x_i 之流程圖，在擷取參考外形向量 x_i 及外形向量 x_j 後(步驟S401)，將計算出參考外形向量 x_i 及外形向量 x_j 間之平方歐氏距離(squared Euclidean distance) $E = (x_i - M^{(N)}(\alpha, \theta)[x_j] - t)^T (x_i - M^{(N)}(\alpha, \theta)[x_j] - t)$ (步驟S402)，其中， $M^{(N)}(\alpha, \theta)[x_j] - t$ 係為一定義有複數個轉換參數之幾何轉換函數，用以導正外形向量 x_j ，前述之轉換參數包括有一旋轉角度 θ 、一縮放比例係數 α 、及一位移向量 $t = (t_x, t_y)$ ，且 $M(\alpha, \theta) = \begin{pmatrix} \alpha \cos \theta & -\alpha \sin \theta \\ \alpha \sin \theta & \alpha \cos \theta \end{pmatrix}$ ， $M^{(N)}(\alpha, \theta)$ 為一 $2n \times 2n$ 之對角區塊矩陣(diagonal blocked matrix)，

$$M(\alpha, \theta) \begin{bmatrix} x_{jk} \\ y_{jk} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha \cos \theta x_{jk} - \alpha \sin \theta y_{jk} \\ \alpha \sin \theta x_{jk} + \alpha \cos \theta y_{jk} \end{pmatrix}, \quad 1 \leq k \leq n$$

當中，在對角區塊矩陣中的每一個對角區塊則為一 2×2 矩陣 $M(\alpha, \theta)$ ；

之後找出外形向量 x_j 與參考外形向量 x_i 間最小化的平方歐氏距離 $E = (x_i - M^{(N)}(\alpha_j, \theta_j)[x_j] - t_j)^T (x_i - M^{(N)}(\alpha_j, \theta_j)[x_j] - t_j)$ ，以取得對應之旋轉角度 θ_j 、縮放比例係數 α_j 、及位移向量 $t_j = (t_{xj}, t_{yj})$ 來導正外形向量 x_j (步驟 S403)。

當本實施例的 N 個外形向量 x_j 皆導正於參考外形向量 x_i 後 (步驟 S404)，需計算前述外形向量 x_j 與參考外形向量 x_i 間之最小平方歐氏距離總和 (步驟 S405)，其係使用最

$$\text{小平方法} \begin{pmatrix} Z & 0 & X2 & Y2 \\ 0 & Z & -Y2 & X2 \\ X2 & -Y2 & n & 0 \\ Y2 & X2 & 0 & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ t_{xj} \\ t_{yj} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C1 \\ C2 \\ X1 \\ Y1 \end{pmatrix} \text{來計算出最小平方}$$

歐氏距離所對應的轉換參數，其中， $X1 = \sum_{k=1}^n x_{ik}$ ， $Y1 = \sum_{k=1}^n y_{ik}$ ，

$$X2 = \sum_{k=1}^n x_{jk}^2, Y2 = \sum_{k=1}^n y_{jk}^2, Z = \sum_{k=1}^n x_{jk}^2 + y_{jk}^2, C1 = \sum_{k=1}^n x_{ik} x_{jk} + y_{ik} y_{jk},$$

且 $C2 = \sum_{k=1}^n y_{ik} x_{jk} - x_{ik} y_{jk}$ 。若計算結果小於一預設臨界值 (步驟

S406)，則完成導正步驟，否則將計算上述導正之外形向量在各區塊中之特徵點平均值以定義出一平均外形向量

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{a=1}^N x_a \text{ (步驟 S407)，其中，} x_a \text{ 即為導正之外形向量；並}$$

在將平均外形向量 \bar{x} 指定為參考外形向量 x_i 、且將所有導正之外形向量 x_a 指定為外形向量 x_j 後 (步驟 S408)，繼續執行步驟 S402，直到整體結果呈現收斂為止。

需注意的是，在第一次執行導正步驟時所指定的參考外形向量 x_i ，較佳係對應於無傾斜的臉部影像，如此將可減少運算過程及系統負擔，其亦可以是歪斜的臉部影

像，因為從第二次執行導正步驟開始(相當於圖4之步驟S402至步驟S408)，即採用平均外形向量作為參考外形向量，用以將外形向量 x_j 間的差異逐漸導正為趨於收斂。簡而言之，第一次執行導正步驟的最大功能在於將所有不同尺寸(scaling)的外形向量 x_j 導正成互為近似；而後續執行之導正步驟則用以逐步修正結果直到收斂為止。

而在所有外形向量 x_j 皆導正於選定之參考外形向量 x_i 後，即使用主軸成分分析法以根據導正之外形向量 x_a 來計算出複數個主軸成分進而形成一統計臉部外形模型(步驟S104)，其係為一點分佈模型(point distribution model, PDM)，並藉由結合複數個投射係數(projection coefficients)來表示外形向量 x_j 。

其中，計算統計臉部外形模型之步驟請參閱圖5之流程圖，首先計算導正之外形向量 x_a 的特徵點平均值以定義出平均外形向量 $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{a=1}^N x_a$ (步驟S501)；並分別計算每一導正之外形向量 x_a 與平均外形向量 \bar{x} 相減後結果 $d_{x_a} = x_a - \bar{x}$ 所形成之矩陣 $A = [d_{x_1}, d_{x_2}, \dots, d_{x_N}]$ (步驟S502)；接著算出矩陣 A 的共變異數矩陣 $C = AA^T$ (步驟S503)；再根據對應於共變異數矩陣 C 之固有值(eigenvalue)所求出之固有向量 $Cv_k^s = \lambda_k^s v_k^s$ (eigenvector)，以計算出複數個主軸成分而形成統計臉部外形模型(步驟S504)，當中， λ_k^s 為共變異數矩陣 C 之固有值， v_k^s 為共變異數矩陣 C 之固有向量，且 $1 \leq k \leq m$ ， m 為共變異數矩陣 C 之維度， $\lambda_1^s \geq \lambda_2^s \geq \dots \geq \lambda_m^s$ 。

此外，由於本實施例中每一外形向量 x_j 係由六個 (即 $n=6$) 位於相異區塊之特徵向量 s_j 所組成，因此所有外形向量 x_j 的特定區塊所對應特徵向量 s_j 之平均值 $t = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N s_j$ 將被定義為一特徵樣板。

根據上述關於訓練階段之步驟說明加以執行，將可建立出統計臉部外形模型及特徵樣板，俾利後續執行階段自待測臉部影像中抽取出臉部特徵。

執行階段(特徵抽取階段)：

請續參閱圖 1 之流程圖，並請一併參閱圖 6 待測臉部影像 2 之示意圖，在擷取待測臉部影像 2 後 (步驟 S105)，首先將以在訓練階段中所求出之平均外形向量 \bar{x} 作為待測臉部影像 2 的待測特徵點初始位置 (initial position) (步驟 S106)，需注意的是，由待測特徵點所形成的初始待測外形比例較佳係導正為近似於待測臉部影像 2，且每一搜尋範圍之尺寸將可隨著待測臉部影像 2 作對應調整；再來則以每一待測特徵點之初始位置為基準，在待測臉部影像 2 中分別定義出六個搜尋範圍 (search range) (步驟 S107)，請參閱圖 7，顯示每一搜尋範圍係分別對應於一相異區塊 (即雙眼內、外眼角、及嘴角)，亦即假設待測臉部影像 2 的實際特徵點係分別落在每一搜尋範圍中。

由於待測臉部影像 2 實際的特徵點可能落在搜尋範圍中的任意座標值，因此接著將在搜尋範圍中定義出較明確的候選特徵點 (步驟 S108)，請一併參閱圖 8 標示候選特徵點之流程，其先分別在每一搜尋範圍中標示出複數

個參考點 $I_i \cong t + \sum_{j=1}^k b_j p_j$ (步驟S801)，其中， t 為搜尋範圍所對應區塊之特徵樣板， p_j 為統計臉部外形模型中之第 j 個主軸成分， b_j 則為投射係數；並計算參考點與主軸成分 p_j 及投射係數 b_j 的誤差值 $\varepsilon = \|I_i - t - \sum_{j=1}^k b_j p_j\|_2$ (步驟S802)；最後擷取前 k 個誤差值較小的參考點以定義為搜尋範圍中的候選特徵點(步驟S803)。

因此可在把所有位於不同搜尋範圍中的候選特徵點排列組合後、形成 k^n 個待測外形向量(步驟S109)，於本實施例中， $n=6$ 其代表特徵點之數量，若於步驟S803中係擷取前2個誤差值較小的參考點，則將會產生 $2^6(=64)$ 種具有不同排列組合之待測外形向量。而最後則是將待測外形向量一一與導正之外形向量 x_a 之平均值及統計臉部外形模型中之主軸成分比對以計算出一相似度(步驟S110)，並將具有最佳相似度的待測外形向量所對應之候選特徵點指定為待測臉部影像2之臉部特徵(步驟S111)。

本實施例係根據圖9之決策流程來找出待測臉部影像2的臉部特徵，在使用平均外形向量 \bar{x} 及統計臉部外形模型中之主軸成分來表示待測外形向量之近似值 $x \cong \bar{x} + \sum_{j=1}^k b_j^* p_j^*$ 後(步驟SA01)，使用二維比例固定轉換法來導正待測外形向量 $x \cong M(\alpha, \theta) \left[\bar{x} + \sum_{j=1}^k b_j^* p_j^* \right] + t$ (步驟SA02)，其中， θ 、 α 、及 t 分別為待測外形向量之旋轉角度、縮放比例係數、及位移向量；之後計算導正之待測外形向量的

正規化距離 $d(x) = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\frac{b_j^x}{\lambda_j^x} \right)^2}$ (步驟SA03); 再將具有最小正規

化距離之待測外形向量所對應的候選特徵點指定為待測臉部影像之臉部特徵(步驟SA04)。

又，本發明亦提出另一種決策流程之實施方式以找出待測臉部影像2的臉部特徵，請參閱圖10，其步驟B01與B02係與圖9之步驟A01與A02相同，惟本實施例之步驟B03係計算待測外形向量與平均外形向量 \bar{x} 間之誤差值

$$\varepsilon(x) = w_1 \sum_{i=1}^6 \|I_i(x) - t_i - \sum_{j=1}^k b_j^i p_j^i\|_2 + w_2 d(x), \text{ 其中 } \sum_{i=1}^6 \|I_i(x) - t_i - \sum_{j=1}^k b_j^i p_j^i\|_2$$

為待測向量等導正之外形向量 x_a 間之相似程度， $d(x)$ 則為導正之待測外形向量 x_a 的正規化距離，且此處之誤差值亦可根據步驟S802所使用之誤差值計算公式而改寫為

$$\varepsilon(x) = w_1 \left(\sum_{i=1}^n \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\frac{b_j^i}{\lambda_j^i} \right)^2} \right) + w_2 d(x); \text{ 之後再將具有最小誤差值之}$$

待測外形向量所對應之候選特徵點指定為待測臉部影像之臉部特徵(步驟SB04)。

根據上述之說明，顯示本發明在以主軸成分分析統計方法為基礎之前提下，可更精確地描述臉部特徵的外觀及幾何變化；並能結合在臉部特徵訓練階段中所取得的幾何及光度特徵外觀方不之統計資料，以擷取出整體臉部特徵，改進習知僅能擷取單一部位之臉部特徵的缺點；再加上本發明係假設臉部偵測演算法已偵測出影像中之臉部影像，因此僅需於每一臉部特徵之候選搜尋區

域中找出候選特徵定位(外形)，而不需具備良好的起始猜測值，確能減輕系統負擔，實為一大進步。

上述實施例僅係為了方便說明而舉例而已，本發明所主張之權利範圍自應以申請專利範圍所述為準，而非僅限於上述實施例。

五、圖式簡單說明

圖1係本發明實施例之流程圖。

圖2係本發明實施例訓練臉部影像之示意圖。

圖3係本發明實施例標記出特徵點之訓練臉部影像之示意圖。

圖4係本發明實施例將外形向量導正為對齊於參考外形向量之流程圖。

圖5係本發明實施例計算統計臉部外形模型之流程圖。

圖6係本發明實施例待測臉部影像之示意圖。

圖7係本發明實施例根據待測特徵點之初始位置所定義出之搜尋範圍之示意圖。

圖8係本發明實施例標示候選特徵點之流程圖。

圖9係本發明實施例之決策步驟之流程圖。

圖10係本發明另一實施例之決策步驟之流程圖。

圖號說明

訓練臉部影像1

待測臉部影像2

拾、申請專利範圍

1. 一種統計式臉部特徵抽取方法，主要包括：

第一程序，係根據複數個訓練臉部影像以建立一統計臉部外形模型，其包括下列步驟：

一影像擷取步驟，係擷取N個訓練臉部影像；

一特徵標記步驟，係分別標記該等訓練臉部影像中位於n個相異區塊內之特徵點，以定義出對應訓練臉部影像之外形向量；

一導正步驟，係分別將每一外形向量導正為對齊於一參考外形向量；及

一計算統計臉部外形模型步驟，係使用主軸成分分析法以根據該等導正之外形向量來計算出複數個主軸成分以形成一統計臉部外形模型，其中，該統計臉部外形係藉由結合複數個投射係數以表示該外形向量；以及

第二程序，係用以自一待測臉部影像中抽取出複數個臉部特徵，其包括下列步驟：

一待測影像擷取步驟，係擷取一待測臉部影像；

一初始猜測步驟，係猜測該待測臉部影像中之n個待測特徵點之初始位置，其中，每一待測特徵點之初始位置係為該等導正之外形向量之特徵點平均值；

一定義搜尋範圍步驟，係以每一待測特徵點之初始位置為基準，在該待測臉部影像中定義出n個搜尋範圍，其中，每一搜尋範圍係分別對應於一相異區塊；

一標示候選特徵點步驟，係分別於每一搜尋範圍中標示出複數個候選特徵點；

一形成待測外形向量步驟，係將位於不同搜尋範圍中之候選特徵點排列組合以形成複數個待測外形向量；及

一決策步驟，係將該等待測外形向量一一與該等導正之外形向量之平均值及該統計臉部外形模型中之主軸成分比對以計算出一相似度，並將具有最佳相似度之待測外形向量所對應之候選特徵點指定為該待測臉部影像之臉部特徵。

2. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中，於該第一程序之特徵標記步驟中，係將該等訓練臉部影像中雙眼之內眼角座標、外眼角座標及嘴角座標分別標記為該等特徵點。

3. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中，該第一程序之特徵標記步驟係使用人工方式標記出每一臉部影像中所具有之特徵點。

4. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中，該參考外形向量係選自該等外形向量。

5. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中，該第一程序之導正步驟係使用二維比例固定轉換法以將每一外形向量導正為對齊於該參考外形向量。

6. 如申請專利範圍第5項所述之方法，其中，該第一程序之導正步驟係包括下列子步驟：

擷取該參考外形向量 $x_i = (x_{i1}, y_{i1}, \dots, x_{in}, y_{in})$ 、並自該等外形向量中擷取出一外形向量 $x_j = (x_{j1}, y_{j1}, \dots, x_{jn}, y_{jn})$ ；

計算該外形向量及該參考外形向量間之平方歐氏距離 $E = (x_i - M^{(N)}(\alpha, \theta)[x_j] - t)^T (x_i - M^{(N)}(\alpha, \theta)[x_j] - t)$ ，其中， $M^{(N)}(\alpha, \theta)[x_j] - t$ 係為一定義有複數個轉換參數之幾何轉換函數，用以導正該外形向量，該等轉換參數包括一旋轉角度 θ 、一縮放比例係數 α 、及一位移向量 $t = (t_x, t_y)$ ，且 $M(\alpha, \theta) = \begin{pmatrix} \alpha \cos \theta & -\alpha \sin \theta \\ \alpha \sin \theta & \alpha \cos \theta \end{pmatrix}$ ， $M^{(N)}(\alpha, \theta)$ 為一 $2n \times 2n$ 之對角區塊矩陣， $M(\alpha, \theta) \begin{bmatrix} x_{jk} \\ y_{jk} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha \cos \theta x_{jk} - \alpha \sin \theta y_{jk} \\ \alpha \sin \theta x_{jk} + \alpha \cos \theta y_{jk} \end{pmatrix}$ ， $1 \leq k \leq n$ ；

找出最小平方歐氏距離所對應之旋轉角度 θ_j 、縮放比例係數 α_j 、及位移向量 $t_j = (t_{xj}, t_{yj})$ ，以將該外形向量導正為近似於該參考外形向量；

當 N 個外形向量皆導正為近似於該參考外形向量後，計算該等外形向量與該參考外形向量間之最小平方歐氏距離總和，若該最小平方歐氏距離總和小於一預設臨界值，則結束該導正步驟，否則繼續執行下列子步驟；

計算該等導正之外形向量在各區塊中之特徵點平均值以定義出一平均外形向量 $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{a=1}^N x_a$ ，其中， x_a 為該導正之外形向量；以及

將該平均外形向量指定為該參考外形向量，且將該等導正之外形向量指定為該等外形向量，並繼續執行該導正步驟。

7. 如申請專利範圍第6項所述之方法，其係使用最小平方法以計算出最小平方歐氏距離所對應之該等轉換參數。

8. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中，該統計臉部外形模型係為一點分佈模型。

9. 如申請專利範圍第8項所述之方法，其中，該第一程序之計算統計臉部外形模型步驟包括下列子步驟：

計算該等導正之外形向量之特徵點平均值以定義出一平均外形向量 $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{a=1}^N x_a$ ，其中， x_a 為該導正之外形向量；

將每一導正之外形向量與該平均外形向量相減，以形成一矩陣 $A = [d_{x_1}, d_{x_2}, \dots, d_{x_N}]$ ，其中， $d_{x_i} = x_{x_i} - \bar{x}$ ；

計算該矩陣之共變異數矩陣 $C = AA^T$ ；以及

根據對應於該共變異數矩陣之固有值所求出之固有向量 $Cv_k^s = \lambda_k^s v_k^s$ ，以計算出複數個主軸成分而形成一統計臉部外形模型，其中， λ_k^s 為該共變異數矩陣之固有值， v_k^s 為該共變異數矩陣之固有向量，且 $1 \leq k \leq m$ ， m 為該共變異數矩陣之維度， $\lambda_1^s \geq \lambda_2^s \geq \dots \geq \lambda_m^s$ 。

10. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中，每一外形向量 x_j 係由 n 個位於相異區塊之特徵向量 s_j 所組成，所有外形向量之特定區塊所對應特徵向量之平均值 $t = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N s_j$ 係定義為一特徵樣板。

11. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中，於該第二程序之初始猜測步驟中，該等待測特徵點所形成之初始猜測外形之比例係導正為近似於該待測臉部影像。

12. 如申請專利範圍第10項所述之方法，其中，該第二程序之標示候選特徵點係包括下列子步驟：

分別於每一搜尋範圍中標示出複數個參考點 $I_i \cong t + \sum_{j=1}^k b_j p_j$ ，其中， t 為該搜尋範圍所對應區塊之特徵樣板， p_j 為該統計臉部外形模型中之第 j 個主軸成分， b_j 為該投射係數；

計算該參考點與該主軸成分及該投射係數之誤差值 $\varepsilon = \|I_i - t - \sum_{j=1}^k b_j p_j\|_2$ ；以及

擷取前 k 個誤差值較小之參考點以定義為該搜尋範圍中之候選特徵點。

13. 如申請專利範圍第12項所述之方法，其中，該第二程序之形成待測外形向量步驟係將位於不同搜尋範圍中之候選特徵點排列組合以形成 k^n 個待測外形向量。

14. 如申請專利範圍第10項所述之方法，其中，該第二程序之決策步驟係包括下列子步驟：

使用該等導正之外形向量之平均值及該統計臉部外形模型中之主軸成分以表示該待測外形向量之近似值 $x \cong \bar{x} + \sum_{j=1}^k b_j^x p_j^x$ ，其中， \bar{x} 為根據該等導正之外形向量之特徵點平均值所定義出之平均外形向量， p_j^x 為該統計臉部外形模型中之第 j 個主軸成分， b_j^x 為該投射係數；

使用二維比例固定轉換法以導正該待測外形向量 $x \cong M(\alpha, \theta) \left[\bar{x} + \sum_{j=1}^k b_j^x p_j^x \right] + t$ ，其中， θ 為該待測外形向量之旋

轉角度， α 為該待測外形向量之縮放比例係數， t 為該待測外形向量之位移向量；

計算該等導正之待測外形向量之正規化距離

$$d(x) = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\frac{b_j^x}{\lambda_j^x} \right)^2} ; \text{ 以及}$$

將具有最小正規化距離之待測外形向量所對應之候選特徵點指定為該待測臉部影像之臉部特徵。

15. 如申請專利範圍第10項所述之方法，其中，該第二程序之決策步驟係包括下列子步驟：

使用該等導正之外形向量之平均值及該統計臉部外形模型中之主軸成分以表示該待測外形向量之近似值 $x \cong \bar{x} + \sum_{j=1}^k b_j^x p_j^x$ ，其中， \bar{x} 為根據該等導正之外形向量之特徵點平均值鎖定義出之平均外形向量， p_j^x 為該統計臉部外形模型中之第 j 個主軸成分， b_j^x 為該投射係數；

使用二維比例固定轉換法以導正該待測外形向量 $x \cong M(\alpha, \theta) \left[\bar{x} + \sum_{j=1}^k b_j^x p_j^x \right] + t$ ，其中， θ 為該待測外形向量之旋轉角度， α 為該待測外形向量之縮放比例係數， t 為該待測外形向量之位移向量；

計算該待測外形向量與該等導正之外形向量之平均值間之誤差值 $\varepsilon(x) = w_1 \sum_{i=1}^n \|I_i(x) - t_i - \sum_{j=1}^k b_j^i p_j^i\|_2 + w_2 d(x)$ ，其中，

$\sum_{i=1}^n \|I_i(x) - t_i - \sum_{j=1}^k b_j^i p_j^i\|_2$ 為該待測向量與該等導正之外形向量

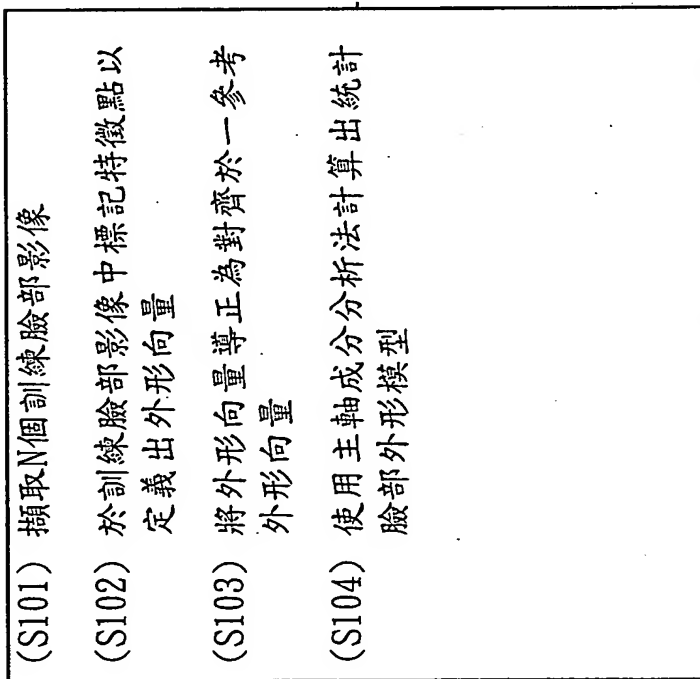
間之相似程度， $d(x)$ 為該等導正之待測外形向量之正規化距離；以及

將具有最小誤差值之待測外形向量所對應之候選特徵點指定為該待測臉部影像之臉部特徵。

16. 如申請專利範圍第15項所述之方法，其中，該

誤差值為 $\varepsilon(x) = w_1 \left(\sum_{i=1}^n \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\frac{b_j^i}{\lambda_j^i} \right)^2} \right) + w_2 d(x)。$

訓練階段



執行階段

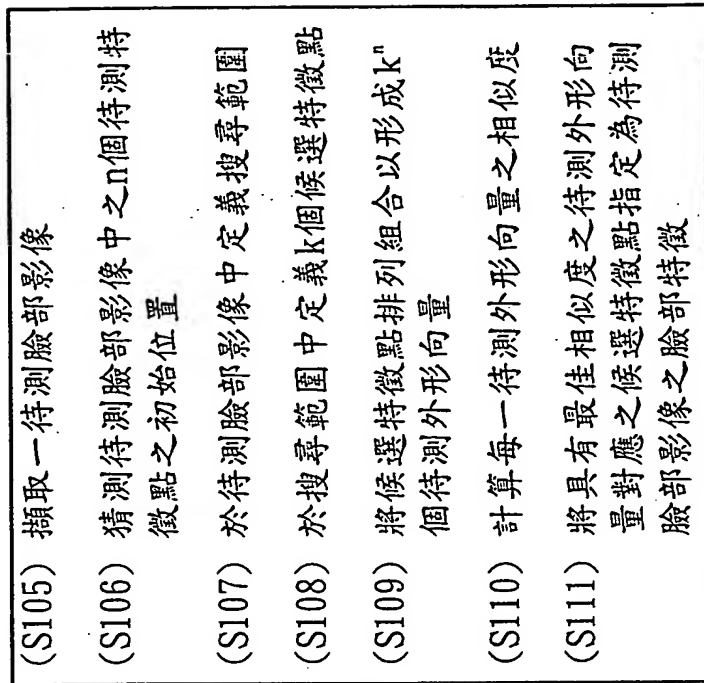


圖1

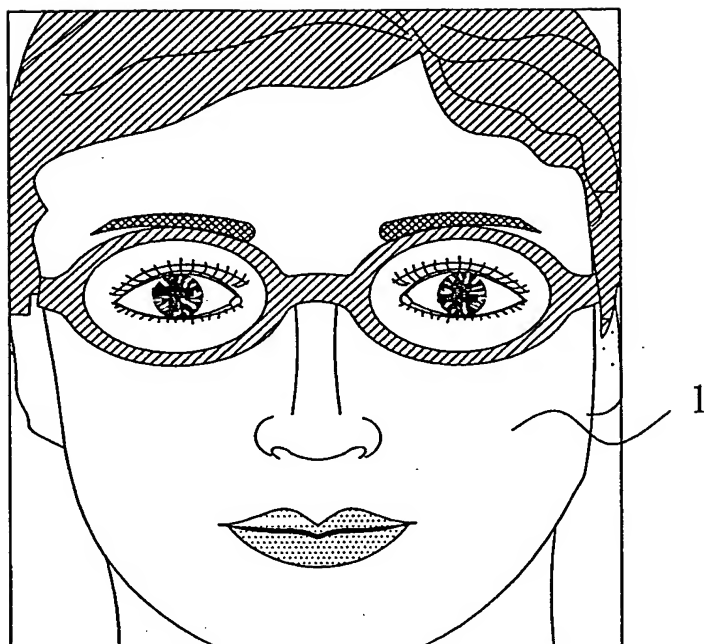


圖2

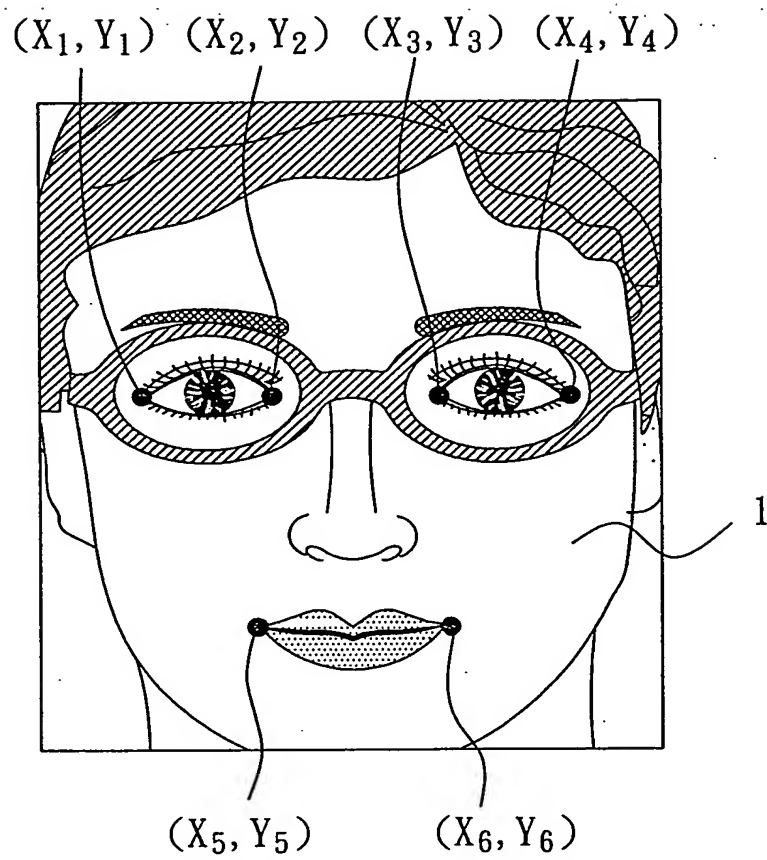


圖3

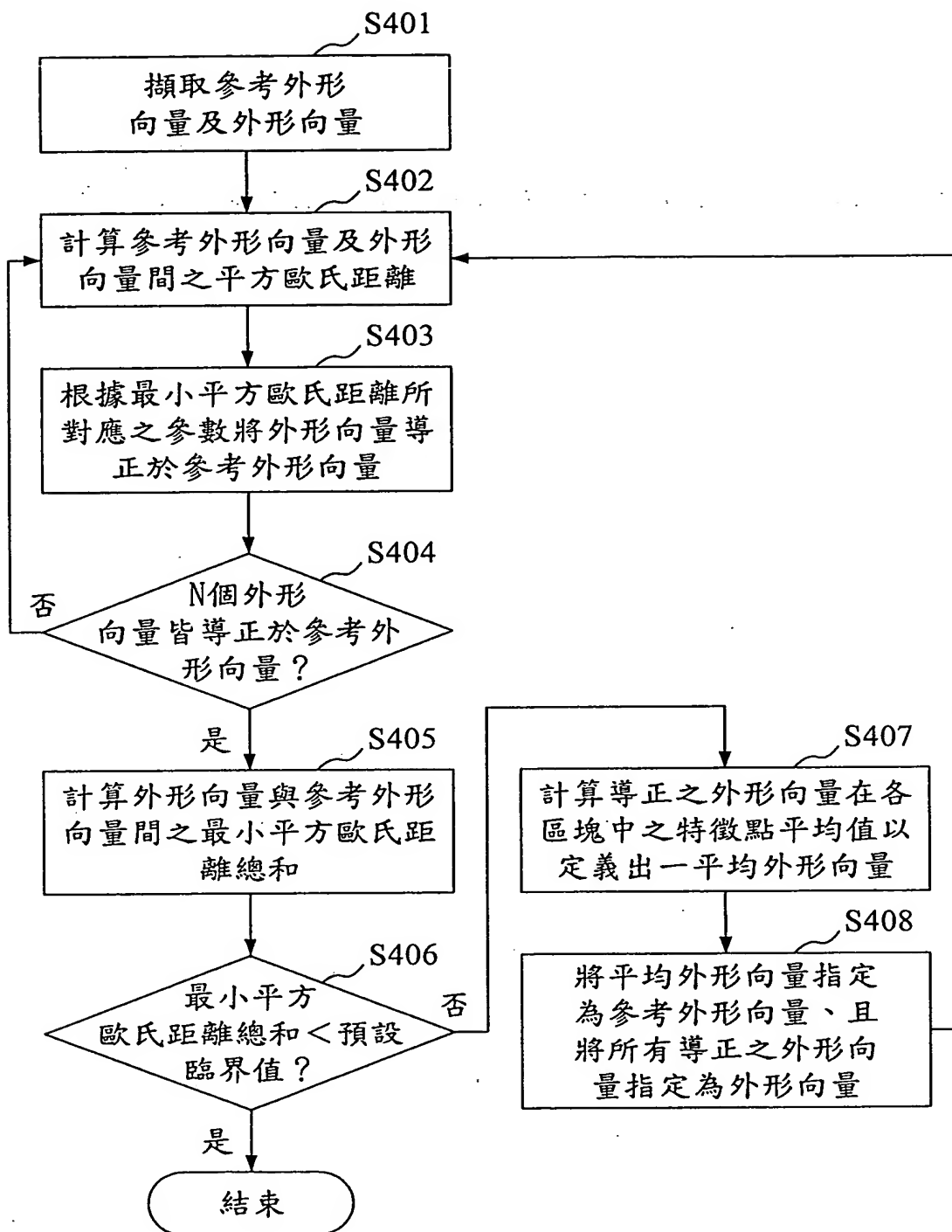


圖 4

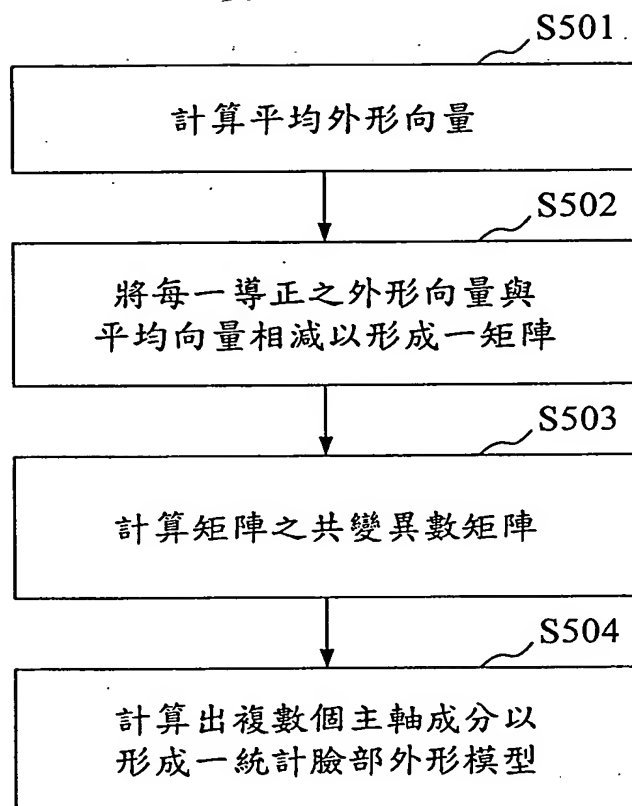


圖5

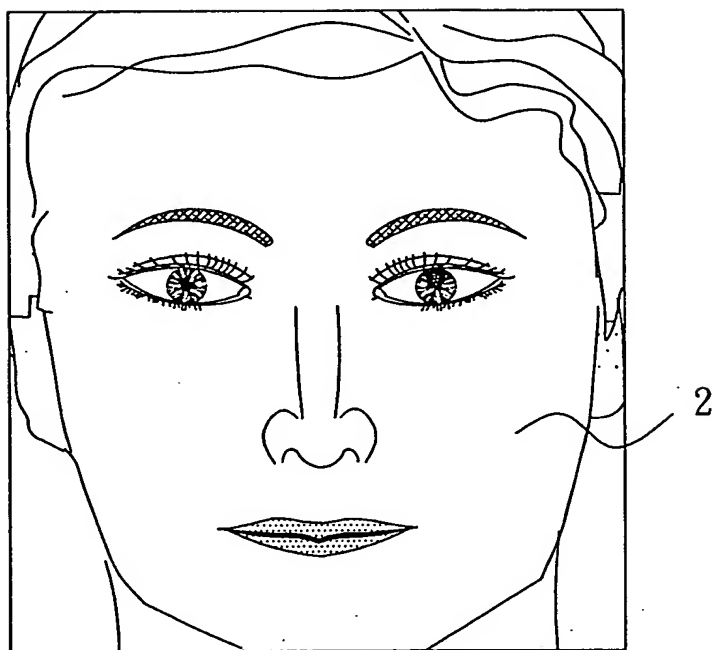


圖6

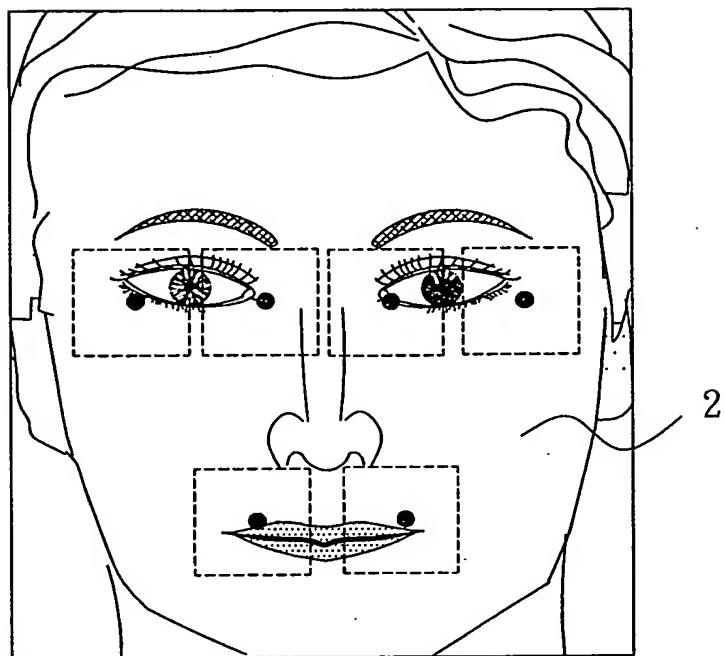


圖7

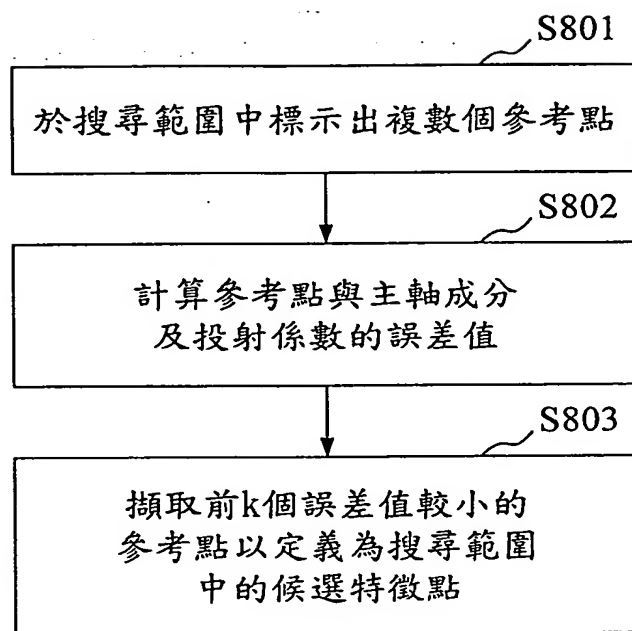


圖8

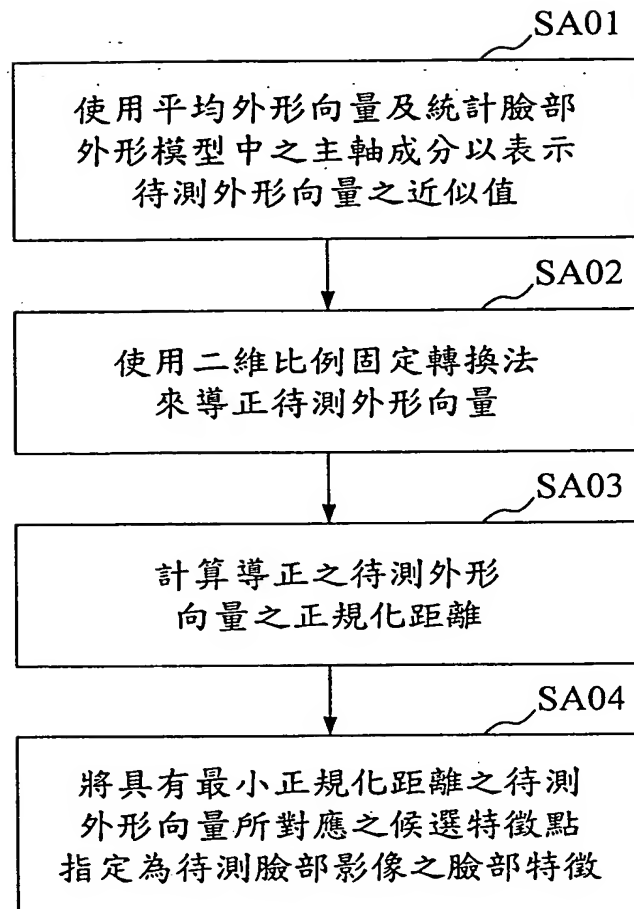


圖9

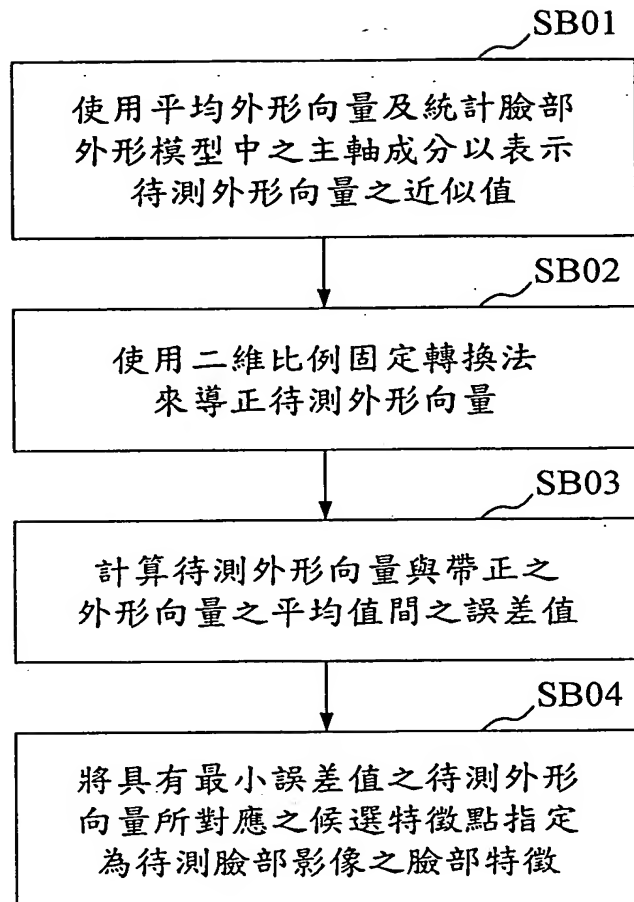


圖10